

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Томский государственный архитектурно-строительный университет»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

## **РОГОВСКИЕ ЧТЕНИЯ**

### **ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Материалы Всероссийской конференции с международным участием,  
посвященной 85-летию со дня рождения профессора  
Геннадия Маркеловича Рогова

*7–9 апреля 2015 года  
Томск, Россия*

Томск  
Издательство ТГАСУ  
2015

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИИ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Г.К. Парфенова<sup>1</sup>, Е.Ю. Осипова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия,

<sup>2</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия

E-mail: kykyb60@bk.ru

Современное развитие промышленного производства все в большей степени увеличивает масштабы антропогенного воздействия на водные ресурсы от локального до регионального уровня. Интенсивность и направленность антропогенного воздействия на водные ресурсы во многом обусловлены функционально-отраслевой структурой водопользования. Особенности сложившейся структуры водопользования обозначили геоэкологические проблемы, сопровождаемые разнообразными экологическими, социальными, экономическими последствиями, требующими всестороннего изучения. Базовой основой определения геоэкологических проблем послужил сравнительный анализ системы водопользования отраслей экономики и показателей удельного водопотребления на нужды промышленного производства и хозяйственно-питьевого водоснабжения. Проанализированы возможности включения оценочных показателей структуры водопользования в определение стратегии устойчивого развития территории. Обобщения проведены на примере Кемеровской области, где действуют крупные комплексы теплоэнергетического, химического, металлургического, машиностроительного, угольного и аграрного производств.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, геоэкологические проблемы, антропогенное воздействие, водные ресурсы, водопользование, качество вод.

В работах по определению концепции устойчивого развития территорий [1, 9] подчеркивается, что водные ресурсы имеют особую социально-экономическую значимость. Обзор материалов по экологическим, экономическим, социальным и политическим аспектам потребления воды, приведенный в [2], свидетельствует об увеличении дефицита пресной воды во многих регионах мира. Водообеспеченность в мире в расчете на одного человека в 2002 г. уменьшилась в сравнении с 1970 г. почти вдвое, и к 2050 г. Следует ожидать ее дальнейшего снижения в 1,5 раза.

Постоянно обостряются проблемы, связанные с использованием водных ресурсов в пределах промышленно развитых территорий. Эти проблемы обусловлены противоречиями между интенсификацией производства, стремлением к увеличению прибыли, с одной стороны, пределами устойчивости геосистем – с другой. Трудности, возникающие при определении критериев устойчивого развития территорий связаны с большим количеством параметров, целевые функции которых, различны.

Любой регион имеет собственную историю развития, включающую процессы взаимодействия и трансформации основных компонентов социума, экономики и природы. Исходя из истории развития территорий, устойчивое развитие представляется как эволюция баланса компонентов социума, экономики и природы, имеющего региональный характер геоэкологических проблем.

Согласно [9], водоотведение и водопотребление – составные части общей системы водопользования.

Сложившаяся система водопотребления и водоотведения территорий определяет условия многолетней функционально-техногенной направленности трансформации природных вод. Одним из основных параметров методологии определения устойчивого развития территории, может рассматриваться состояние структурных и функциональных особенностей водопользования регионов.

Методологические принципы определения устойчивого развития территорий с учетом структуры водопользования рассматриваются нами на примере Кемеровской области.

Сравнительный анализ системы водопользования включает последовательное рассмотрение использования воды по видам хозяйственной деятельности, а также общие объемы водопотребления и водоотведения по населенным пунктам по средним данным за периоды 1996–2000 гг. и 2002–2006 гг. Социально-экономическое развитие Кемеровской области, предопределило структуру водопользования региона. Предприятия химической отрасли, металлургической, а также угледобывающие, формируют промышленный профиль региона.

Данные по оценке состояния экономики за рассматриваемые периоды, свидетельствуют о различных темпах развития отраслевого производства [3, 5, 6]. Рост объемов производства к 2006 г. по отношению к середине 1990-х гг. наблюдается в электроэнергетике – 9 %, угледобыче – 6 %. Снижение происходит в химической отрасли – 22 %, черной металлургии – 9,6 %, цветной – 0,4 %, машиностроении и металлообработке – 34 %.

Объем водопотребления за рассматриваемые периоды в целом по области снизился с 2449 до 2288 млн м<sup>3</sup>/год. Произошло снижение водозабора и поверхностных, и подземных вод. В результате соотношение объемов поверхностных и подземных вод в общем объеме водопотребления по периодам не изменилось – 93 и 7 % соответственно.

Сравнение данных об использовании воды на различные цели показало уменьшение объема водопотребления на производственные нужды – с 1863 до 1731, на хозяйственно-питьевые – с 356 до 315 млн м<sup>3</sup>/год. Потери в общем объеме водопотребления составляют 5–10 %.

Водопотребление по отраслям промышленного производства за рассматриваемые периоды изменилось (табл. 1).

Таблица 1

**Динамика водопотребления по отраслям экономики Кемеровской области, млн м<sup>3</sup>/год (среднее за период)**

Вид экономической деятельности	Период	
	1996–2000 гг.	2002–2006 гг.
Электроэнергетика	1388,28	1509
Черная и цветная металлургия	12	10,92
Химическая промышленность	85	64,6
Машиностроение и металлообработка	13	7,67
Сельскохозяйственное водоснабжение и орошение	108	7,8

По всем отраслям промышленного производства, кроме электроэнергетики, произошло снижение водопотребления, причем более всего в секторе орошения и сельскохозяйственное водоснабжение – с 108 до 7,8 млн м<sup>3</sup>/год.

Наиболее водоемкой отраслью промышленного производства остается электроэнергетика. Забор воды для этой отрасли производства осуществляют из поверхностных водных объектов. Наибольший объем воды потребляет Томь-Усинская ГРЭС (г. Мыски) порядка 1003 млн м<sup>3</sup>/год, при выработке электроэнергии 8329 МВт. Технологическая схема водоснабжения предприятия представляет собой прямочный забор воды из р. Томь и сброс в этот же водный объект. Для сравнения водопотребление Южно-Кузбасской ГРЭС (г. Калтан) составляет 68 млн м<sup>3</sup>/год, выработка электроэнергии 1733 МВт, Кемеровской ГРЭС (г. Кемерово) – 129 млн м<sup>3</sup>/год и 2414 МВт.

Отработанные в отраслях экономики и жилищно-коммунальном хозяйстве воды, отводятся в поверхностные водотоки, накопители и понижения рельефа. В целом по области отмечается снижение объема сточных вод за сравниваемые периоды: с 2241 до 2002 млн м<sup>3</sup>/год.

Сравнение качественного состава отводимых вод показало, что количество вод по категориям без очистки и недостаточно очищенных увеличилось с 706 до 732 млн м<sup>3</sup>/год, нормативно чистых без очистки снизилось с 1333 до 1264 и нормативно очищенных с 202 до 6,0 млн м<sup>3</sup>/год.

Как значимое дополнение к характеристике водоотведения, можно рассматривать объемы сточных вод в отдельных секторах экономики (табл. 2). Согласно представленным данным, отмечается рост водоотведения в электроэнергетике и шахтном производстве (добыча угля), для других видов экономической деятельности характерно снижение объемов сточных вод, в большой мере в машиностроении и металлообработке.

Структурные изменения в системе водоотведения по отраслям экономики определяются, с одной стороны, уменьшением количества выпускаемой продукции, с другой – реконструкцией предприятий, во многом обеспечивающей увеличение количества оборотной и повторно – последовательно используемой воды. В последние годы в целом по области, экономия воды за счет потребления и повторно – последовательно используемой воды, составила 75 %. Наибольшая экономия воды зафиксирована в отраслях черной и цветной металлургии, химической и пищевой промышленности [5].

**Структура водоотведения по видам экономической деятельности, % от общего объема сточных вод (среднее за период)**

Вид экономической деятельности	Период	
	1996–2000 гг.	2002–2006 гг.
Электроэнергетика	57	61
Шахтные воды	12	15
Черная и цветная металлургия	5,3	2,2
Химическая промышленность	6,7	4,8
Машиностроение и металлообработка	3,2	0,2
Пищевая промышленность	1,3	0,1
Сельскохозяйственное производство	1,2	0,1
Прочие	13,3	16,6

Типовая характеристика структуры водопользования, включающая объемы водопотребления и водоотведения территории, не отражает всех уровней социально-экономической системы использования воды.

Важнейшей отраслевой водопотребитель – население области. Проблема обеспечения населения питьевой водой нормативного качества и в достаточном количестве остается актуальной. Необходим анализ социально – экономических потребностей использования воды. Такой анализ можно провести на основе сопоставимых показателей удельного водопотребления на нужды промышленного производства и хозяйственно-питьевого водоснабжения (л/сут на человека).

По наиболее полным данным Верхнеобского бассейнового управления за 1996–2000 гг. о водозаборе в целом на все виды хозяйственной деятельности, а также водопотреблении на промышленные, хозяйственно-бытовые нужды и водоотведении, рассчитана структура водопользования населенных пунктов Кемеровской области (табл. 3).

**Структура водопользования населенных пунктов Кемеровской области (среднее за 1996–2000 гг.)**

Наименование населенного пункта	Численность населения, тыс. чел.	Всего использовано, л/сут на человека	Использование воды на производственные нужды, % от всего использования воды	Использование воды на хозяйственно-питьевые нужды, л/сут на человека	Отношение сброса сточных вод к всего использованной воды, %
Кемерово	505,6	1885	64	641	85,6
Анжеро-Судженск	100,6	514,6	48	268	141
Белово	86,8	1299	55	545	102
Гурьевск	28,5	581	73	157	112
Калтан	25,5	34754	99	347	106
Киселевск	118,2	722,5	75	58	84,4
Ленинск-Кузнецкий	123,3	797,3	61	207	157
Мариинск	39,9	468,5	65	149	103
Междуреченск	106,1	897	59	154	156
Мыски	45,3	48224	99	482	102
Новокузнецк	582,8	1495	87	105	68,9
Осинники	60,6	770,2	58	46	94,8
Прокопьевск	256,6	606,1	65	133	278
Салаир	11,2	1117	67	357	36,0
Тайга	25,8	542,8	16	456	80,6
Топки	33,3	428,2	44	227	76,1
Юрга	90,1	903,6	63	307	70,3

*Примечание.* Демографические показатели по населенным пунктам на расчетный период взяты как [12] среднее на 1991 и 2000 гг.

Для всех рассмотренных населенных пунктов, кроме трех (гг. Анжеро-Судженск, Тайга, Топки), использование воды для промышленных нужд составляет 50 %. В городах Мыски, Калтан на нужды теплоэнергетики и агломерационных фабрик используется 99 % от общего объема водопотребления. В г. Новокузнецк, в котором сосредоточено крупное металлургическое производство, на промышленные нужды поступает 87 % от всего количества водопотребления; в г. Кемерово с развитыми химическими отраслями – 64 %.

Отдельная группа населенных пунктов представлена городами с угольным производством, где водоотведение больше водопотребления за счет откачки шахтных вод: Анжеро-Судженск – 141 %, Белово – 102 %, Гурьевск – 112 %, Калтан – 106 %, Ленинск-Кузнецкий – 157 %, Мариинск – 103 %, Междуреченск – 156 %, Мыски – 102 %, Прокопьевск – 278 % соответственно отношение общего объема сбросных сточных вод к объему водопотребления.

Анализ региональной структуры водопользования Кемеровской области отражает неравноправное распределение водопотребления на промышленные и хозяйственно-питьевые нужды.

Использование воды на хозяйственно-питьевые нужды на уровне достаточном и среднем, осуществляется в городах Кемерово, Белово, Калтан, Мыски, Салаир, Тайга. В остальных населенных пунктах отмечается дефицит воды хозяйственно-питьевые нужды (л/сут на человека): Анжеро-Судженск (–82), Гурьевск (–93), Киселевск (–192), Ленинск-Кузнецкий (–143), Мариинск (–101), Междуреченск (–196), Новокузнецк (–245), Осинники (–204), Прокопьевск (–217), Топки (–23) соответственно разработанным нормативам [4].

Водоснабжение населения мало зависит или совсем не зависит от использования общего количества воды. Водопользование ориентировано на промышленное водопотребление в ущерб хозяйственно-питьевому. Достаточно стабильные показатели экономического развития региона сосуществуют с отсутствием удовлетворения потребностей населения в чистой питьевой воде.

Сложившаяся структура водопользования, характеризует антропогенную нагрузку на поверхностные воды. Соотношение объемов сточных вод по различным видам хозяйственной деятельности и их состав определяют условия формирования качества вод речных бассейнов. В результате сложнейшей истории развития и дифференциации промышленного производства сформировалось разнообразие бассейновой гидрохимической характеристики природных вод. Исследование химического состава поверхностных вод рассматривается как один из этапов определения геоэкологических условий территории. При этом интерес представляет химический состав поверхностных вод тех бассейнов, где преобладает определенный тип промышленного производства, в качестве которых и представлены бассейны рек Кия, Яя, Томь.

В бассейнах рек Яя, Кия основной тип промышленного производства – крупные шахтные разработки. Откачка шахтных вод производится в поверхностные водотоки, а также понижения рельефа. При этом создаются условия для засоления поверхностных вод за счет повышенной минерализации шахтных вод. Характеристика формирования химического состава поверхностных вод рек Кия, Яя дана по [8].

Сравнительный анализ данных по изменению ионно-солевого состава поверхностных вод рек Кия, Яя и исследования по формированию шахтного водоотлива, указывают на определенное сходство в проявлении изменений химического состава поверхностных и шахтных вод.

Оценка изменений химического состава воды по сезонам года показала большой диапазон колебаний содержания главных ионов в половодье и межень. Наибольшие изменения характерны для ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ . Так, в бассейне р. Кия в отдельные годы вода становится сульфатно-гидрокарбонатной магниево-кальциевой как в период половодья, так и межени.

В бассейне р. Яя в химическом составе воды в половодье высоко содержание иона  $\text{SO}_4^{2-}$ , а в межень повышено содержание  $\text{Mg}^{2+}$ , в отдельные годы –  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ .

В бассейне р. Томь основной тип промышленного производства – металлургический и химический. Характеристика химического состава поверхностных вод р. Томь дана по [3, 5, 11].

Загрязнение воды р. Томь определяется содержанием фенолов, нефтепродуктов и галогенорганических соединений. По всей длине водотока, для всех проб воды концентрации фенолов и нефтепродуктов превышают ПДК.

В состав галогенорганических соединений входят: хлороформ, дихлорметан, бромдихлорметан, трихлорэтилен и др. Преобладающее соединение по абсолютному содержанию – дихлорметан. Содержание галогенорганических соединений в воде р. Томь превышает допустимые санитарные нормы, нарастает вниз по течению с увеличением поступления сточных вод.

Водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды в условиях дефицита осложняется неудовлетворительным состоянием качества воды. Как отмечается [5, 10], в городах Кемеровской области от 12,5 до 17,7 % проб воды не удовлетворяют санитарным нормам по бактериологическим и химическим показателям. В сельских районах и поселках городского типа от 20,5 до 55,4 % отобранных для исследования проб питьевой воды не соответствуют санитарным нормам.

Следует отметить, что в регионе действуют базовые отрасли промышленного производства (угольная, металлургическая, химическая, энергетическая промышленность), они сохраняют свои приоритетные позиции не только в экономике области, но и в России в целом. Невозможность существенных структурных изменений в отраслях экономики, способных повлечь оптимальное перераспределение между промышленным производством и хозяйственно-питьевым водопользованием, порождает глубокое противоречие в решении геоэкологических проблем и может быть причиной нарушения долгосрочного устойчивого развития территории.

Структуру водопользования можно рассматривать как определяющий показатель социального и геоэкологического контроля устойчивого развития регионов. Устойчивое развитие территорий может быть достигнуто путем решения региональных и национальных геоэкологических проблем, так как государство прежде всего несет ответственность за обеспечение населения высококачественной питьевой водой в достаточном количестве.

Наиболее значимо геоэкологические проблемы территории проявляются при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, горные выработки шахт и карьеров с действующим водоотливом или системой дренажных сооружений способствуют понижению уровня подземных вод, создают крупные очаги их техногенной разгрузки и вызывают формирование депрессионных воронок. Откачка шахтных вод в поверхностные водотоки ведет к изменению их ионно-солевого состава.

### Выводы

Полученные результаты сравнительного анализа структуры водопотребления и водоотведения по отраслям экономики и населенным пунктам позволили сделать следующие выводы:

Геоэкологические проблемы водопользования определены как следствие условий жизнедеятельности в результате функционирования крупных промышленных комплексов (теплоэнергетика, химическое и металлургическое производство, машиностроение), водоснабжение которых становится приоритетным для целей развития экономики, а интересы населения в снабжении их чистой водой учитываются в меньшей мере.

Комплексная оценка структуры водопользования на основе динамики отраслевых и территориальных пропорций и соотнесение показателей удельного водопотребления на производственные и хозяйственно-питьевые нужды могут рассматриваться как элемент технологии управления качеством окружающей среды.

Особенности сложившейся структуры водопотребления и водоотведения позволяют выявить гидрохимические аномалии и определить ключевые участки мониторинга поверхностных вод.

В контексте устойчивого развития показатели водопользования отражают уровни взаимодействия в системе «водные ресурсы – социальная и производственная сферы» и определяют информационно-аналитическую базу функционально-отраслевой оптимизации структуры водопотребления и водоотведения для снижения риска опасных геоэкологических процессов территории.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобров, А.Л. Эколого-экономическая устойчивость регионов России / А.Л. Бобров. – М. : Наука, 1999. – 170 с.
2. Данилов-Данильян, В.И. Потребление воды: Экологический, экономический, социальный и политический аспекты / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев. – М. : Наука, 2006. – 219 с.
3. Доклад о состоянии окружающей природной среды Кемеровской области в 1996 году / под ред. С.М. Малахова. – Кемерово : Гос. ком. охр. окр. ср. Кем. обл., 1997. – 112 с.

4. *Еремин, В.Г.* Экологические основы природопользования / В.Г. Еремин, В.В. Сафронов. – М. : Высшая школа, 2002. – 253 с.
5. *Материалы к Государственному докладу «О состоянии и охране окружающей природной среды Кемеровской области, Государственное учреждение «Областной комитет природных ресурсов».* – Кемерово : АРФ, 2007. – 318 с.
6. *Мониторинг социально-экономического развития* регионов Сибирского соглашения за 1996 год. – Томск, 1997. – 21 с.
7. *Наше общее будущее* : доклад международной комиссии по окружающей среде и развитию. – М. : Прогресс, 1989. – 368 с.
8. *Парфенова, Г.К.* Многолетняя изменчивость ионно-солевого состава поверхностных вод в районах угледобычи (на примере рек Кемеровской обл.) / Г.К. Парфенова // *Геоэкология.* – 2002. – № 4. – С. 326–332.
9. *Правила охраны вод.* – М. : Госкомприрода СССР, 1991. – 34 с.
10. *Рогов, Г.М.* Проблемы использования природных вод бассейна реки Томи для хозяйственно-питьевого водоснабжения / Г.М. Рогов, В.К. Попов, Е.Ю. Осипова. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2003. – 218 с.
11. *Сергеев, С.Г.* Структура и закономерности загрязнения хлорорганическими соединениями речной и питьевой воды в Кузбассе / С.Г. Сергеев, Ю.Ф. Казнин, А.В. Кравчук // *Гигиена и санитария.* – 1993. – № 8. – С. 11–13.
12. *Численность населения РФ по городам, ПГТ и районам на 1 января 2000 г.* – М. : Госкомиздат, 2000. – 194 с.